

---

## Conversaciones

La ciencia no ha perdido su capacidad de sorprendernos. De modo particular la Física y la Biología continúan avanzando hacia terrenos cada vez más espectaculares. De manera especial, la Astrofísica parece ponernos en contacto con un mundo de ficción.

### Entrevista con Alfredo Tiemblo

# EL VALOR DE LA CIENCIA

---

Por Alberto M. Arruti

**H**ace tan solo muy pocos meses, el Radiómetro Diferencial de Microondas (DMR), situado en el satélite COBE, transmitía a la Tierra una impresionante fotografía del Universo, tal como era hace 15.000 millones de años, con lo que se confirmaba la teoría del “Big Bang”. Hawking ha dicho que nos encontramos ante “el mayor descubrimiento del siglo, quizá de todos los tiempos”.

En 1967, se descubrían los púlsares, cuerpos extraordinariamente densos, mucho más que las “enanas blancas”, o estrellas con diámetros parecidos al de la Tierra y masas del orden de la del Sol. En 1965, Arno Penzias y Robert Wilson, observaron un ruido persistente en una antena construida para un programa de satélites de telecomunicaciones. Como dicho ruido no podía atribuirse a ninguna fuente concreta y llegaba con igual intensidad en todas las direcciones del espacio, se llegó a la conclusión de que su origen era cósmico. Los cuásares u objetos muy lejanos, situados a distancias “cosmológicas”, eran descubiertos en 1960. Pero similares acontecimientos se producen, con

---

## Conversaciones

enorme frecuencia, en la Física de lo pequeño, en el mundo subatómico.

Son los físicos teóricos quienes pretenden explicar o, al menos, interpretar todo este cúmulo de hallazgos. Sus elucubraciones, que tienen que ser contrastadas con la experimentación, suelen ir apoyadas en un aparato matemático, en general, muy complejo y elaborado. Todo ello nos conduce a preguntarnos por el valor de la ciencia.

Así hemos acudido a uno de los físicos teóricos más importantes de España, Alfredo Tiemblo, profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y presidente de la Sociedad Española de Física. Autor de numerosos trabajos, dentro de su campo, es, además, hombre de una vastísima cultura humanística y un gran conversador.

**Alberto M. Arruti.- Se ha afirmado que, a estas alturas del siglo XX, en Física no se pueden construir teorías, dada la rapidez con la que se descubren nuevos hechos, que contradicen la última teoría elaborada. Más modestamente, se habla de modelos, en lugar de teorías. La ciencia es, esencialmente, una teoría. ¿Podría decirse que la ciencia consiste en un conjunto de modelos?**

Alfredo Tiemblo.- Hay que empezar por plantear la diferencia entre teoría y modelo. Teoría, que es un término griego, cuyo origen se encuentra en los presocráticos, significa explicación, en el sentido de sinónimo de verdad. La teoría servía no sólo para conocer, sino para acercarse a la naturaleza íntima del Universo. Para los griegos, la teoría pertenecía más al ámbito de la Metafísica que al de la Física. Hoy se puede hablar más de modelos que de teorías. Lo que no significa ninguna limitación de nuestro conocimiento, ni una limitación del ser humano, ni una insuficiencia de datos experimentales: lo que refleja esta situación es, por una parte, una característica del Universo y, por otra, una característica del conocimiento humano. Es decir la pretensión de que existen concepciones comunes a los dos. Poincaré decía que la teoría de grupos era la única estructura común al pensamiento humano y al Universo. Al fin y al cabo, pensar que existen estructuras comunes a las dos cosas, no deja de ser un postulado. Creo que el término modelo es más preciso que el de teoría. Por ejemplo, de la gravitación universal se ha dicho que puede ser considerada como un modelo. El concepto de teoría está relacionado con la capacidad que tiene el hombre de hacer preguntas y el término modelo con la que tiene de dar respuestas. Claro que la respuesta nunca termina de llenar la pre-

---

gunta. Modelos son las respuestas que somos capaces de dar a las grandes preguntas que plantea el Universo. Pero, como no pueden ser definitivas, es por lo que establezco esta distinción. La pregunta es a la teoría lo que el modelo a la respuesta. Y toda respuesta es siempre provisional.

Me parece que, en estos momentos, la ciencia tendría que depurar su lenguaje. Para esto habría que solicitar la ayuda de los filósofos. Conceptos como el de teoría, modelo, descripción, interpretación, experimento, ... tendrían que ser revisados. Experimento es una especie de encrucijada, a la que sometemos a la Naturaleza, para que se manifieste en un sentido o en otro y podamos sacar una conclusión. De estos experimentos, ya no queda ninguno. Prácticamente, hoy todo experimento contiene un elemento de interpretación del resultado. Por eso, se habla cada vez más de efectos. Un efecto consiste en observar una cosa y que otro lo interprete. Por ejemplo, el Premio Nobel de Einstein no fue por la Relatividad, sino por interpretar el efecto fotoeléctrico.

Para mí, la teoría existe como aspiración intelectual. Así, yo creo que cabe hablar de Física Teórica, o de Biología Teórica que son aquellas partes de la ciencia respectiva en la cual uno se hace preguntas sobre el Universo. Este es el gran papel de la ciencia teórica: preguntarse cosas con sentido. No tanto el responderlas. Todos los grandes desarrollos conceptuales corresponden a haberse hecho preguntas con sentido, preguntas que nadie antes se había planteado.

**A. M. A.- ¿Puede afirmarse que las bases experimentales de la Mecánica Cuántica se encuentran suficientemente corroboradas por la experiencia?**

A. T.- Categóricamente sí. Otra cosa es que, como he dicho antes, un experimento no es una encrucijada con respuesta absolutamente definitiva, sino que, en todo experimento, hay un elemento de interpretación. Entonces, si lo que la pregunta quiere decir es si las bases experimentales de la Mecánica Cuántica están suficientemente entendidas, entonces, para mí, la respuesta es categóricamente no. Por eso, es importante notar que hoy un experimento no tiene el carácter de los experimentos clásicos, por ejemplo, en el que se midió la velocidad de la luz. En los experimentos clásicos la única posibilidad de equivocación se encontraba en el margen de error del método del aparato. Ahora, además, hay que interpretar las cosas.

Creo que cada vez más, y esto es particularmente evidente en Astrofísica, al tipo de cosas que uno observe en el cielo, lo primero que se hace es ponerle un nombre y luego viene la interpretación. Por

---

## Conversaciones

ejemplo, los agujeros negros que fueron, inicialmente, previsiones teóricas. El elemento de interpretación es, actualmente, esencial en el propio método científico. Creo que, en estos momentos, esto está sucediendo, incluso en la Biología, que comienza a salir del proceso de empirismo previo a cada ciencia y se empieza a sistematizar. Y, en consecuencia, el elemento de interpretación resulta muy importante.

**A. M. A.- La Mecánica Cuántica, ¿ha sido una necesidad histórica absoluta? o los hechos que explica, ¿podrían haber sido explicados con haber introducido algunas correcciones a la Mecánica Clásica?**

A. T.- La respuesta aquí tiene que ser un no categórico. Un absoluto no. El origen de la constante de Planck no admite interpretación clásica alguna. Es más, ello fue, probablemente, una de las polémicas más interesantes en la Historia de la Cultura. En el fondo, la gran revolución de la Mecánica Cuántica es el descubrir una nueva forma de ser de la Naturaleza. Hay un nexo de unión, que va desde el Neolítico hasta Einstein, en donde la continuidad no se pierde nunca. Todos están hablando de lo mismo y las diferencias son cuantitativas y no esenciales. Con la Mecánica Cuántica se rompe ese hilo y surge una visión insólita del Universo. La polémica más interesante en la Historia de la Cultura. Por todo ello, respondo a su pregunta con un rotundo no.

## De la Física a la Filosofía

**A. M. A.- Todos estos problemas nos conducen a la Filosofía. Por eso, planteamos si el desarrollo de la Física Teórica moderna acarrea nuevos puntos de vista en Filosofía.**

A. T.- Respondería que no pero, quizás, diciendo todo lo contrario. Creo que el desarrollo de la Física Teórica moderna es la Filosofía o, al menos, una de las partes esenciales de la propia Filosofía. Si nos remontamos a los presocráticos vemos que éstos se hacían una serie de preguntas exactamente iguales a las que se hace un científico de nuestro tiempo. Es muy saludable remontarse a los presocráticos. Querían saber de qué estaba hecho el Universo, cuál era la naturaleza del espacio y del tiempo, querían saber la propia constitución de la materia. Nadie duda que la Filosofía arranca de ellos. Los herederos de los presocráticos son los que están dando respuesta a estas preguntas y pueden, con todo derecho, ser considerados los filósofos del mundo mo-

---

dermo. La Física Teórica de hoy es una respuesta a ese conjunto de inquietudes. Aunque se trata de una respuesta muy elaborada pero que, en el fondo, se sitúa en el mismo punto de vista de los presocráticos. Me parece ilegítimo hacer una distinción entre Física Teórica y Filosofía. Otra cuestión es si, en estos momentos el científico se pregunta por el aparato conceptual que está empleando y, probablemente, no se pregunta mucho sobre eso porque el ritmo del conocimiento, en nuestra época, es tan acelerado que no existe tiempo para estas cuestiones. Si entendemos por Filosofía el conjunto de cosas que le preocupaban a Aristóteles -es bien sabido que le preocupaba prácticamente todo, desde la Metafísica hasta la Física, pasando por la Moral- es evidente que la Física Teórica da respuesta a parte de aquel contenido. Hoy día lo que queda virgen de aquel campo inicial es la Metafísica y la Teoría del Conocimiento. Creo que la Metafísica permanece como es, sin que haya habido cambios sustanciales. Tengo la impresión de que se va a generar una nueva Teoría del Conocimiento a partir de los modelos que explican el comportamiento del Universo.

**A. M. A.- ¿Los dos principios de incertidumbre de Heisenberg son Teoría del Conocimiento?**

A. T.- Esa es una reflexión, que está muy bien traída. Al fin y al cabo, la cuestión es la siguiente. Hay una forma, elemental, pero muy sencilla de acercarse a la Mecánica Cuántica, que no se le podría ocurrir a un griego. Cuando se hacen afirmaciones sobre el Universo, se supone que son afirmaciones comprobadas. Por lo tanto, medidas. Hay una hipótesis implícita, que es la siguiente: el aparato de medida es siempre susceptible de que al medir, su perturbación sobre el sistema es lo suficientemente pequeña, para que podamos pensar que, legítimamente, está dando el valor de la magnitud objeto de la medida. En un coche, es evidente que el velocímetro, de alguna forma, altera el peso del coche, por lo tanto, actúa sobre su velocidad. Pero es tan poco, que puedo aceptar, que estoy haciendo una medida instantánea de la velocidad. Estamos en el ámbito, en que se pueden construir sistemas suficientemente pequeños, para que no perturben demasiado el objeto a medir. Imaginemos que llegamos a las partículas elementales, es decir a objetos que no se pueden partir ya más. Entonces, todas las cosas tienen el mismo tamaño, o sea el velocímetro y el coche y, entonces, la posibilidad que tenemos de medir es perturbando extraordinariamente el sistema. Cuando queremos saber algo sobre un átomo, le enviamos fotones, lo que hace estragos en el átomo, mucho más que el velocímetro en el coche. No es que esto sea el principio de indeter-

---

## Conversaciones

*El "Big Bang" predice, razonablemente, en términos de un modelo, lo que pudo ser el origen del Universo. Dicho de una manera vulgar, la imagen del Universo podría ser la de la superficie de una esfera*

minación, pero viene a cuento. El principio de indeterminación es una reflexión sobre la medida, que corresponde plantearse, como pregunta válida, los límites de la medida que, hasta entonces, no habían sido objeto de preocupación alguna. Por eso, creo que hay que atender siempre a las preguntas. Las preguntas hacen progresar el conocimiento y las respuestas, a veces lo retraen.

**A. M. A.- Los cálculos, diferencial e integral, son las armas más poderosas, creadas por la Matemática, para explicar los hechos físicos. ¿Se ha inventado algún instrumento más poderoso?**

A. T.- Probablemente, el cálculo diferencial sigue siendo el gran instrumento. Pero, en estos momentos, creo que la gran contribución a la creación de algoritmos, lenguajes y concepciones, ha sido la teoría de grupos. Aunque, inicialmente, tuvo su origen en la resolución de ecuaciones diferenciales, hoy suministra el formalismo matemático preciso para establecer principios de simetría, que son los principios fundamentales en nuestra descripción del Universo, con una precisión nunca alcanzada. En definitiva, creo que si tuviera que escoger el instrumento matemático, que mejor describe el Universo, elegiría, sin duda, la teoría de grupos porque, además de potente, es sugestivo. La Matemática tiene mucho de lenguaje formal y sus conceptos son incitantes y sugieren cosas. Por ejemplo, el concepto de límite es de una gran belleza y los conceptos de simetría, o de grupo de simetría, son terriblemente sugestivos.

**A. M. A.- ¿Puede considerarse la Matemática como una ciencia o como un método científico?**

A. T.- La Matemática es el lenguaje natural de las relaciones cuantitativas. Es el lenguaje natural para describir las leyes del Universo. En consecuencia, es un lenguaje, no una ciencia, pero es un lenguaje que, para mí, tiene un carácter casi mítico. Es un lenguaje y, además, un sistema lógico. Por ejemplo, las ecuaciones de Einstein, en vez de utilizar el cálculo tensorial, se podrían describir con palabras. Lo que pasa es que ello nos podría llevar más de veinte volúmenes.

---

**A. M. A.- La Mecánica Cuántica tiene una interpretación probabilística, ¿podría formularse, de manera determinista, mediante la introducción de variables ocultas, o sea de variables no susceptibles de ser medidas y, por tanto, no sujetas a los principios de indeterminación?**

A. T.- No, a mi juicio, no. El problema de las variables ocultas no puede resolver el problema de la medida. ¿Cómo encontrar un aparato de medida, cuya interacción con un electrón, sea despreciable, para poder hacer predicciones clásicas?. El hecho de que existan objetos, de los que se puede afirmar que son elementales, implica, de alguna forma, que la visión clásica del Universo, según la cual, la medida puede ser infinitamente precisa, nos obliga a aceptar que no existe un aparato clásico de medida para las partículas elementales. Por lo tanto, un tipo de descripción clásica tiene un límite natural. Esto no significa que no pueda sostenerse que, actualmente, no se pueda dar de la Mecánica Cuántica una interpretación con un trasfondo clásico.

**A. M. A.- La imagen del Universo que nos proporciona la Física actual, ¿es la de un Universo finito y limitado o la de un Universo infinito y en eterna expansión?**

A. T.- La imagen del Universo que nos proporciona la Física actual es la de un Universo finito, pero ilimitado y, además, en expansión. Hablando en variables espacio-temporales, es finito en el espacio y finito en el tiempo. El "Big Bang" predice, razonablemente, en términos de un modelo, lo que pudo ser el origen del Universo. Dicho de una manera vulgar, la imagen del Universo podría ser la de la superficie de una esfera.

El profesor Tiemblo nos ha hablado de muchos temas. Los fractales, la relatividad como la última expresión de la Física Clásica, los supuestos que subyacen en el fondo de la Mecánica Clásica, y muchos otros más. Se nos ha venido a la mente la tesis de Hawking, según la cual, estamos próximos al fin de la Física. De la Física Teórica, lógicamente. Porque, parece llegarse a un campo único, con la unificación de las cuatro fuerzas de la Naturaleza: la gravitatoria, la electromagnética, la fuerza fuerte y la fuerza débil. Esta unificación podría ser válida desde un punto de vista formal. Pero, nos dice el profesor Tiemblo, ¿por qué una sola teoría, en lugar de cuatro?. Ello, no es nada más que un postulado. Por eso, pensamos que la Física Teórica tiene un largo camino porque es la interpretación, a la luz del empirismo de cada época, del Universo. ■